

P24348.P04

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant : Dr.-Ing. Rolf van HAAG

Serial No. : Not Yet Assigned

Filed : Concurrently Herewith

For : ROLL, IN PARTICULAR MIDDLE ROLL OF A CALENDER, AND CALENDER

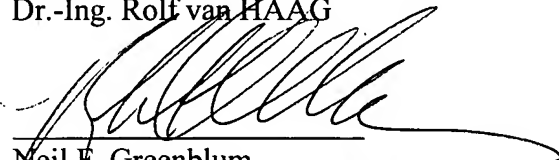
**CLAIM OF PRIORITY**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, Virginia 22313-1450

Sir:

Applicant hereby claims the right of priority granted pursuant to 35 U.S.C. 119 based upon German Application No. 102 48 519.4, filed October 17, 2002. As required by 37 C.F.R. 1.55, a certified copy of the German application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,  
Dr.-Ing. Rolf van HAAG



Neil F. Greenblum

Reg. No. 28,394



October 16, 2003  
GREENBLUM & BERNSTEIN, P.L.C.  
1950 Roland Clarke Place  
Reston, VA 20191  
(703) 716-1191



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 48 519.4  
**Anmeldetag:** 17. Oktober 2002  
**Anmelder/Inhaber:** Voith Paper Patent GmbH,  
Heidenheim an der Brenz/DE  
**Bezeichnung:** Mittelwalze eines Kalanders und  
Kalander  
**IPC:** D 21 G 1/02

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 28. August 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Stremme

DR.-ING. ULRICH KNOBLAUCH (bis 2001)  
DR.-ING. ANDREAS KNOBLAUCH  
DR.-ING. DOROTHEA KNOBLAUCH  
PATENTANWÄLTE

60322 FRANKFURT/MAIN  
SCHLOSSERSTRASSE 23  
TELEFON: (069) 9562030  
TELEFAX: (069) 563002  
e-mail: patente@knoblauch.f.uunet.de  
UST-ID/VAT: DE 112012149

KW 471

16. Okt. 2002  
AK/MH

Voith Paper Patent GmbH  
D-89522 Heidenheim

Mittelwalze eines Kalanders und Kalanders

Die Erfindung betrifft eine Mittelwalze eines Kalanders mit einem Walzenmantel, der einen Innenraum umgibt.

Ferner betrifft die Erfindung einen Kalanders mit einem Walzenstapel, der mindestens zwei Mittelwalzen aufweist, von denen mindestens eine einen Walzenmantel aufweist, der einen Innenraum umgibt.

Kalanders und Mittelwalzen der infrage stehenden Art werden verwendet, um Papier- oder Kartonbahnen zu satinieren. Dabei werden diese Bahnen durch Nips geleitet, die zwischen einander benachbarten Walzen gebildet sind und in diesen Nips mit erhöhtem Druck und in der Regel auch mit erhöhter Temperatur beaufschlagt. Die Nips sind dabei als sogenannte "weiche" Nips ausgebildet, die begrenzt sind durch eine harte Walze mit glatter Oberfläche und eine weiche Walze. Die harte Walze ist in der Regel aus Metall gebildet, wobei auch die Ober-

fläche aus Metall gebildet ist. Die damit zusammenwirkende "weiche" Walze weist eine vergleichsweise weichere Oberfläche auf. Diese Oberfläche ist in der Regel durch einen Kunststoffbelag gebildet, der auf einen  
5 Walzenkörper aufgebracht sein kann, wobei der Walzenkörper selbst ebenfalls aus Metall bestehen kann.

Der Walzenstapel weist normalerweise zwei Endwalzen auf, von denen mindestens eine, in der Regel aber beide, als Durchbiegungseinstellwalzen ausgebildet sind.  
10 Die Durchbiegungseinstellwalzen weisen einen umlaufenden Walzenmantel auf, der mit Hilfe von hydraulischen Stützelementen so beaufschlagt sein kann, daß eine gewünschte Biegelinie, vorzugsweise eine gestreckte Linie, in den Nips erzeugt wird. Die zwischen den beiden  
15 Endwalzen befindlichen Mittelwalzen sind weniger aufwendig gebildet. Sie bestehen in der Regel aus einem Walzenmantel, der einen Innenraum umschließt. Der Innenraum ist an den Stirnseiten durch Walzenzapfen verschlossen.  
20

Bei derartigen Kalandern kann man nach einer gewissen Betriebszeit regelmäßig beobachten, daß sich eine Barring-Bildung ergibt. Die Barrings sind Streifen, die  
25 quer zur Laufrichtung der Bahn verlaufen. Sobald diese Streifen sichtbar werden, ist die Papier- oder Kartonbahn Ausschuß, der entsorgt werden muß.

Die Entstehungsmechanismen dieser Barring-Bildung sind  
30 noch nicht abschließend geklärt. Man nimmt an, daß es sich um Auswirkungen von Schwingungen handelt, die die weichen Walzen im Laufe der Zeit "vieleckig" machen, vereinfacht ausgedrückt also ein Wellenmuster auf die

- Oberfläche der weichen Walzen einprägen. Ein Walzenstapel, der aus mehreren Walzen gebildet ist, hat eine Vielzahl von Eigenfrequenzen. Hierbei sind nicht die Eigenfrequenzen der einzelnen Walzen für sich, wie etwa
- 5 Biegeeigenfrequenzen, gemeint, sondern die Eigenschwingungsformen, die sich aus den schwingenden Walzenmassen auf den Feder- und Dämpfersystemen der dazwischengeschalteten Kunststoffbeläge ergeben.
- 10 Ein laufender Kalanders erzeugt Erregerkräfte, deren Frequenzen sich aus den Vielfachen der Walzendrehzahlen zusammensetzen. Diese Erregerkräfte können in Inhomogenitäten, Anisotropien oder Geometriefehlern (Unrundheiten) begründet sein. Ebenfalls können Papierdicken-
- 15 schwankungen der in den Kalanders einlaufenden Papier- oder Kartonbahn den Walzenstapel anregen. Eine in den Kalanders einlaufende Papierbahn ist vor dem Satinageprozeß noch relativ rau. Zudem ist eine Papier- oder Kartonbahn normalerweise nicht frei von Flächenge-
- 20 wichts- oder Dickenschwankungen. Wenn nun eine wie immer begründete Erregerfrequenz auf eine Eigenfrequenz des Walzenstapels trifft, so antwortet das Schwingungssystem mit vergrößerten Schwingungsausschlägen. Aufgrund der Vielzahl der möglichen Erreger und der Viel-
- 25 zahl der möglichen Eigenschwingungsformen lassen sich Resonanzstellen in der Regel nicht konstruktiv umgehen. Normalerweise ist das Schwingungssystem auch so stark gedämpft und die Erregerkräfte sind so klein, daß die resultierenden Schwingungsbewegungen unmittelbar nicht
- 30 stören. Über einen mehr oder weniger langen Zeitraum prägen sich diese Schwingbewegungen jedoch in die Kunststoffbeläge der elastischen Walzen ein, was nach einer gewissen Betriebsdauer zu der oben geschilderten

Barring-Bildung führt. Meist vergehen einige Tage oder Wochen, bis diese Erscheinung so stark angewachsen ist, daß sie den Produktionsprozeß stört. Die Walze muß dann ausgebaut und überarbeitet werden, was einen erheblichen Aufwand bedeutet. Die Überarbeitung kann beispielsweise darin bestehen, daß die Walze wieder auf eine runde Form geschliffen wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Standzeit einer Walze auf einfache Weise zu verlängern.

Diese Aufgabe wird bei einer Mittelwalze der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß im Innenraum eine Tilgeranordnung mit mindestens einem passiven Schwingungstilger angeordnet ist.

Man geht dabei davon aus, daß die Walze selbst im Betrieb schwingt. Diese Schwingung wird durch die Tilgeranordnung gedämpft. Dadurch werden die Auswirkungen der Schwingung abgeschwächt. Durch diese Abschwächung wird die Standzeit der Walze verlängert, d.h. der Zeitraum wird verlängert, in dem die Walze noch betrieben werden kann, ohne daß sich eine Barring-Bildung zeigt. Wenn die Tilgeranordnung im Innenraum angeordnet ist, kann sie unmittelbar auf die Schwingungen der Walze reagieren und auf die Walze einwirken. Es ist also nicht erforderlich, hier einen Umweg zu gehen, beispielsweise über Lagerstellen der Walze oder über externe Tilger, deren Kräfte auf andere Weise in die Walze eingekuppelt werden müssen. Dies hält den Aufwand für die Tilgeranordnung relativ klein. Da der Schwingungstilger als passiver Schwingungstilger ausgebildet ist, müssen keine externen Kräfte erzeugt oder Energien

von außen zugeführt werden. Der Schwingungstilger reagiert vielmehr nur auf die Schwingungen der Walze und dämpft sie ab. Je nach Dämpfung ergibt sich dabei auch eine Phasenverschiebung, was die Ausbildung von Barrings weiter verzögern kann. Es ist hierbei nicht unbedingt erforderlich, daß die Schwingungen restlos beseitigt werden. Man nimmt durchaus in Kauf, daß nach einer gewissen Betriebszeit, die allerdings länger als ohne Tilgeranordnung ist, eine Überarbeitung der Walze erforderlich werden kann.

Vorzugsweise wirkt der Schwingungstilger auf den Walzenmantel. Damit wirkt er auf den Teil der Walze, der unmittelbar von den Schwingungen betroffen ist. Die Dämpfung, die der Schwingungstilger hervorruft, wirkt also gleich an der "richtigen" Stelle. Die Schwingungen werden also dort gedämpft, wo sie in oder an der Walze merkbar sind.

Vorzugsweise ist der Schwingungstilger in Axialrichtung des Walzenmantels an einer Position angeordnet, an der sich im Betrieb ein Schwingungsbauch ausbildet. Zu den Schwingungen, die die Walze ausführt und die letztendlich zu der Barring-Bildung führen, gehören Eigenformen. Diese Eigenformen liegen meist in einem Frequenzbereich, bei dem die Walzenmäntel (auch als Walzenschalen bezeichnet) schon in Oberschwingungsformen schwingen, ähnlich wie die Seite eines Musikinstruments. Über die axiale Länge des Walzenmantels verteilt ergeben sich also mehrere Schwingungsbäuche, beispielsweise drei bis sieben Schwingungsbäuche. Wenn man nun einen passiven Schwingungstilger an der Position anordnet, wo sich im Betrieb ein Schwingungsbauch ausbildet, dann

hat dieser Schwingungstilger im Grunde die beste Wirkung. Er trifft auf die größte Schwingungsamplitude und kann diese dann sehr wirkungsvoll dämpfen. Die Schwingungsbäuche lassen sich beispielsweise vor der Inbetriebnahme der Walze berechnen. Ein besonders einfaches Verfahren besteht aber darin, die Walze bis in den Bereich einer Barring-Bildung fahren zu lassen. Jedenfalls in einem Abschnitt am Beginn der Barring-Bildung äußern sich die Barrings nicht als gleichförmig durchgehende Streifen, sondern man kann durchaus Minima und Maxima beobachten. Die Maxima befinden sich an den Orten oder Positionen, wo die Walze einen Schwingungsbauch aufweist. An der axialen Position eines derartigen Schwingungsbauchs kann man dann den passiven Schwingungstilger in der Walze installieren.

Vorzugsweise sind mehrere Schwingungstilger in Axialrichtung verteilt an Positionen angeordnet, an denen sich im Betrieb jeweils ein Schwingungsbauch ausbildet. In vielen Fällen wird es zwar ausreichen, einen passiven Schwingungstilger zu verwenden, beispielsweise im Bereich eines Schwingungsbauchs, der sich in der axialen Mitte der Walze ausbildet. Eine verbesserte Dämpfungswirkung ergibt sich jedoch dadurch, daß man an mehreren Schwingungsbäuchen oder, wie in einer besonders bevorzugten Ausgestaltung vorgesehen, an allen Schwingungsbäuchen einen Schwingungstilger anordnet. Es ist dabei nicht einmal erforderlich, das Maximum des Schwingungsbauchs genau zu treffen. Eine Dämpfungswirkung ergibt sich bereits dann, wenn der Schwingungstilger im Bereich des Schwingungsbauchs angeordnet ist. Die Feststellung, wo die Position des Schwingungsbauchs



liegt, kann also mit einer vergleichsweise geringen Genauigkeit erfolgen.

Vorzugsweise weist der Schwingungstilger eine Tilgerfrequenz auf, die unterhalb einer für eine Barring-Bildung ausschlaggebenden Eigenfrequenz der Walze oder eines die Walze enthaltenden Walzensystems liegt. Man legt den Tilger also wie folgt aus: Man ermittelt durch Berechnung oder Messung die Kontakteigenfrequenz unter Berücksichtigung oder Ermittlung (im Fall der Messung) der Strukturdämpfung. Man berechnet das nächstliegende ganzzahlige Vielfache der Walzendrehzahlen unterhalb einer Kontakteigenfrequenz. Dabei ist je nach Schwingungsform zwischen geraden und ungeraden ganzzahligen Vielfachen zu unterscheiden. Je nach Höhe der vorliegenden Strukturdämpfung müssen nächstliegende Vielfache unterhalb der Kontakteigenfrequenz übersprungen werden. Wenn beispielsweise die ungedämpfte Kontakteigenfrequenz  $f_e = 351,5 \text{ Hz}$  ist und die Walzendrehzahl  $f_w = 8 \text{ Hz}$ , dann ergibt sich ein Verhältnis  $f_e/f_w = 351,5 \text{ Hz} / 8 \text{ Hz} = 43,9375$ . In diesem Fall würden sich 43 Wellen auf dem Umfang der Walze ausbilden. In Abhängigkeit von der Systemdämpfung bilden sich unterschiedliche Wellenanzahlen aus. Bei einem Systemdämpfungsgrad  $D = 0,005$  ergeben sich, wie erwähnt, 43 Wellen. Bei einem Systemdämpfungsgrad  $D = 0,02$  ergeben sich 41 Wellen und bei einem Systemdämpfungsgrad  $D = 0,05$  ergeben sich 39 Wellen. Dieses Verhalten ist durch den dämpfungsgradabhängigen Phasenwinkel zwischen der Barringbedingten Wegerregung und des Systemverhaltens der Walzenantwort zu begründen. Die Eigenfrequenzen der einzelnen Schwingungstilger werden nun auf die zu erwar-

tende Frequenz ausgelegt. Damit ergibt sich ein hervorragendes Dämpfungsverhalten.

Hierbei ist bevorzugt, daß die Tilgerfrequenz auf eine  
5 Barring-Frequenz abgestimmt ist. Man ermittelt also zusätzlich, bei welcher der obengenannten Frequenzen die Barring-Bildung am stärksten ist und stimmt die Tilgerfrequenz des Schwingungstilgers darauf ab. Je nach Systemdämpfungsgrad können sich andere zu erwartende Barring-Frequenzen ergeben. Die Tilgerfrequenz des Schwingungstilgers sollte dann auf diese Barring-Frequenz abgestimmt sein.

Vorzugsweise weist der Schwingungstilger ein Massenelement auf, das in einer Scheibe aus einem elastischen  
15 Material gelagert ist, die am Mantel abgestützt ist. Die Scheibe aus elastischem Material bildet dann sowohl die Feder als auch das Dämpfungsglied für den Schwingungstilger. Das Massenelement ist durch lokale Kompression oder Expansion der Scheibe verlagerbar. Über  
20 die Elastizität der Scheibe läßt sich die Tilgerfrequenz in gewissen Bereichen einstellen.

Vorzugsweise liegt die Scheibe über ihren gesamten Umfang am Mantel an. Prinzipiell würde es zwar ausreichen, die Scheibe in einigen Punkten, beispielsweise  
25 drei Punkten, am Walzenmantel abzustützen. Wenn die Scheibe jedoch über den gesamten Umfang am Walzenmantel anliegt, dann ist die Kraftübertragung von der Richtung der Erregung bzw. der Antwort des Schwingungstilgers  
30 vollkommen unabhängig. Es lassen sich also verbesserte Ergebnisse erzielen. Über den Schwingungstilger werden keine neuen Inhomogenitäten in die Walze eingetragen,

die zu einer weiteren Schwingungsbildung führen könnten.

Vorzugsweise ragt das Massenelement in Axialrichtung  
5 über die Scheibe hinaus. Damit kann das Massenelement  
eine größere Masse aufweisen, als es eigentlich der  
Raum innerhalb der Scheibe gestatten würde. Hinzu  
kommt, daß dadurch eine gewisse Neigungsmöglichkeit des  
Massenelements gegenüber der Walzenachse gegeben ist,  
10 d.h. das Massenelement muß nicht immer parallel zum  
Walzenmantel ausgerichtet sein. Dies erweitert die  
Dämpfungsmöglichkeiten.

Vorzugsweise weist das Massenelement jeweils außerhalb  
15 der Scheibe eine Vergrößerung auf. Das Massenelement  
ist also hantelförmig ausgebildet mit zwei "Gewichten"  
an den Enden und einer Lagerung in der Scheibe, die an  
der Verbindungsstange zwischen den beiden "Gewichten"  
angreift. Durch die Vergrößerungen an den Enden läßt  
20 sich eine weitere Vergrößerung der Masse des Massenele-  
ments erreichen. Damit läßt sich der Frequenzbereich  
vergrößern, in dem der Schwingungstilger arbeiten kann.

Vorzugsweise weist der Schwingungstilger eine von außen  
25 veränderbare Tilgerfrequenz auf. In der Regel wird man  
den Schwingungstilger auf die Nenndrehzahl der Walze  
und die damit verbundene Barring-Frequenz ausrichten.  
Dies reicht in den meisten Fällen auch aus, weil ein  
Kalanders auf eine bestimmte Geschwindigkeit hin ausge-  
30 legt ist. In manchen Fällen möchte man jedoch die Pro-  
duktionsgeschwindigkeit des Kalanders flexibel gestalten.  
Mit veränderten Drehzahlen ändern sich aber auch  
die Barring-Frequenzen. In diesem Fall läßt sich die

Tilgerfrequenz verändern. Eine Veränderung von außen bedeutet, daß die Walze zur Veränderung der Tilgerfrequenz nicht demontiert werden muß, sondern Mittel vorgesehen sind, die beispielsweise mit Hilfe einer Fernsteuerung die Tilgerfrequenz verändern können.

Hierbei ist bevorzugt, daß der Schwingungstilger eine Federeinrichtung aufweist, deren Steifigkeit gesteuert veränderbar ist. Im Falle der elastischen Scheibe läßt sich dies beispielsweise dadurch erreichen, daß die Scheibe in Axialrichtung mehr oder weniger komprimiert wird, wobei durch die Kompression natürlich die Verlagerungsmöglichkeit des Massenelements innerhalb des Walzenmantels nicht nennenswert beschränkt werden darf.

In einer alternativen Ausgestaltung ist vorgesehen, daß die Tilgeranordnung Schwingungstilger mit unterschiedlichen Tilgerfrequenzen aufweist. Bei der Existenz mehrerer relevanter Kontakteigenfrequenzen für die Barring-Bildung können auch mehrere Schwingungstilger mit unterschiedlicher Eigenfrequenz und somit an unterschiedlichen Positionen im Inneren einer Walze eingesetzt werden. Die unterschiedlichen Positionen sind die Folge unterschiedlicher Schwingungsformen.

Die Aufgabe wird bei einem Kalanders der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß im Innenraum eine Tilgeranordnung mit mindestens einem passiven Schwingungstilger angeordnet ist.

Die Tilgeranordnung ist also in der Lage, die Frequenzen zu dämpfen, bei denen die Gefahr einer Barring-Bildung besteht. Dadurch wird die Standzeit der Walze

verlängert. Da es sich um einen passiven Schwingungstilger handelt, ist keine Energiezufuhr oder Steuerung von außen erforderlich.

- 5 Die Erfindung wird im folgenden anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung näher beschrieben. Hierin zeigen:

- 10 Fig. 1 eine schematische Ansicht eines Kalanders,  
Fig. 2 eine Schnittansicht einer Mittelwalze im Längsschnitt,  
Fig. 3 eine schematische Darstellung zur Erläuterung eines Schwingungstilgers,  
15 Fig. 4 eine Walze mit Schwingungstilger im auszugsweisen Längsschnitt und  
20 Fig. 5 ein Schnitt V-V nach Fig. 4.

Fig. 1 zeigt einen Kalander 1 mit einem Walzenstapel aus fünf Walzen 2-6, die zwischen sich vier Nips 7-10 ausbilden, durch die eine Materialbahn 11, beispielsweise eine Papierbahn oder eine Kartonbahn, geführt ist. Die Nips 7-10 sind als sogenannte weiche Nips ausgebildet, d.h. sie sind jeweils durch eine weiche Walze 2, 4, 6, d.h. eine Walze mit einem elastischen Belag aus einem Kunststoff (nicht näher dargestellt), und einer harten Walze 3, 5, d.h. einer Walze mit einer Oberfläche aus Metall, gebildet.

25  
30

Die beiden Endwalzen 2, 6 sind als Durchbiegungseinstellwalzen ausgebildet, d.h. sie weisen hydrostatische Stützelemente 12, 13 auf, die in Axialrichtung der Walzen 2, 6 verteilt angeordnet sind.

5

Die Mittelwalzen 3-5 sind ohne derartige Stützelemente ausgebildet. Wie aus Fig. 2 zu erkennen ist, die schematisch die Mittelwalze 4 darstellt, weisen die Mittelwalzen einen Walzenmantel 14 auf, der einen Innenraum 15 umgibt. Der Innenraum 15 ist stirnseitig durch Walzenzapfen 16, 17 abgeschlossen, an denen Wellenstummel 18, 19 befestigt sind, mit denen die Walze 4 drehbar in einer nicht näher dargestellten Stuhlung gelagert ist.

10

15

Der Kalanders 1 ist im vorliegenden Fall auf eine bestimmte Betriebsgeschwindigkeit ausgelegt, d.h. die Walzen 2, 6 haben eine feste Betriebsdrehzahl oder Drehfrequenz. Aufgrund von Störungen im Kalanders 1, die sich in der Regel nicht restlos beseitigen lassen, beispielsweise Inhomogenitäten, Anisotropien oder Geometriefehlern, oder Störungen, die über die Bahn 11 in den Kalanders eingetragen werden, beispielsweise Papiertickenschwankungen oder Flächengewichtsschwankungen, ergeben sich Schwingungen im Kalanders, die eine Vielzahl von Frequenzen enthalten, also in der Regel ein breitbandiges Rauschen bilden. Trifft jedoch eine der Erregerfrequenzen auf eine Eigenfrequenz des Kalanders oder eines Teils davon, so antwortet das Schwingungssystem mit vergrößerten Schwingungsausschlägen. Aufgrund der Vielzahl der möglichen Erreger und der Vielzahl der möglichen Eigenschwingungsformen lassen sich diese Resonanzstellen konstruktiv nicht umgehen. In der Regel ist das Schwingungssystem auch so stark gedämpft und

20

25

30

die Erregerkräfte sind so klein, daß die resultierenden Schwingbewegungen unmittelbar nicht stören. Über einen mehr oder weniger langen Zeitraum prägen sich diese Schwingbewegungen jedoch in die Kunststoffbeläge der elastischen Walzen 2, 4, 6 ein.

Üblicherweise werden die zur Eigenfrequenz nächstliegenden ganzzahligen Vielfachen der Walzendrehfrequenz als Muster auf den elastischen Walzen 2, 4, 6 eingeprägt. Hierdurch wird eine Rückkopplung der Schwingung erzeugt. Die Schwingungsausschläge nehmen dann exponentiell zu. Sie äußern sich einerseits in einem erhöhten Schallpegel bis mehr als 120 dB(A) und andererseits in periodischen Dickenschwankungen der durchlaufenden Papierbahn, die sich wiederum als Streifen zeigen, sogenannte Barrings. Die Zeiträume, die vergehen, bis sich derartige Erscheinungen so stark zeigen, daß die Bahn Ausschluß wird, sind unterschiedlich. Meist vergehen einige Tage oder Wochen.

Zu den Schwingungen, denen die Walzen ausgesetzt sind und die später zu der Barring-Bildung führen, gehören Eigenformen. Diese liegen meist in einem Frequenzbereich, bei dem die Walzenmäntel schon in Oberschwingungsformen schwingen. Dies ist beispielhaft in Fig. 2 dargestellt. Der Walzenmantel 14 bildet hier drei Schwingungsbäuche aus, zwischen denen sich Schwingungsknoten 20 befinden, die als Kreise markiert sind. Vereinfacht ausgedrückt läßt sich sagen, daß die Walze 4 an den Schwingungsknoten 20 ortsfest bleibt, während sie an den Schwingungsbäuchen schwingt. Dies läßt sich beispielsweise daran erkennen, daß zu Beginn einer Barring-Bildung die Querstreifen über die Papierbahn nicht

gleichförmig durchgehen, sondern im Bereich der Schwingungsbäuche besonders intensiv ausgeprägt sind.

5 Anstelle der dargestellten drei Schwingungsbäuche kann die Walze 4 natürlich auch mehr Schwingungsbäuche aufweisen, beispielsweise fünf oder sieben oder auch eine geradzahlige Anzahl von Schwingungsbäuchen, beispielsweise vier oder sechs.

10 Um die Schwingungen zu dämpfen, ist im Innenraum 15 der Walze 4 eine Tilgeranordnung mit mehreren, im vorliegenden Fall drei Schwingungstilgern 21, angeordnet. Prinzipiell reicht ein Schwingungstilger aus, beispielsweise am Schwingungsbauch in der axialen Mitte.

15 Es ist aber von Vorteil, wenn jeder Schwingungsbauch mit einem passiven Schwingungstilger versehen ist. Die Funktion des Schwingungstilgers ist schematisch in Fig. 3 dargestellt. Der passive Schwingungstilger 21 weist eine Masse 22 auf, die jeweils über ein Federglied 23

20 und ein Dämpfungsglied 24 mit einer Abstützung 25 verbunden ist, die sich von innen am Walzenmantel 14 abstützt. Um zu zeigen, daß sich die Masse 22 in alle

1 Richtungen am Walzenmantel 14 abstützt, sind für vier Richtungen entsprechende Feder- und Dämpfungsglieder

25 23, 24 eingezeichnet. Idealerweise ergibt sich aber eine entsprechende Abstützung über den gesamten Innenumfang des Walzenmantels 14.

Mit der Wahl entsprechender Federkonstanten des Federglieds 23, Dämpfungskonstanten des Dämpfungsglieds 24

30 und einer Masse 22 läßt sich eine Tilgerfrequenz einstellen. Diese Tilgerfrequenz ist auf die Barring-



Frequenz abgestimmt, die sich im Betrieb ergeben kann, wie im folgenden gezeigt wird:

- Man ermittelt zunächst die Kontakteigenfrequenz unter Berücksichtigung der Strukturdämpfung. Diese Ermittlung kann durch Berechnung oder Messung erfolgen. Danach berechnet man die nächstliegenden ganzzahligen Vielfachen der Walzendrehzahl unterhalb einer Kontakteigenfrequenz. Dabei ist je nach Schwingungsform zwischen geraden und ungeraden ganzzahligen Vielfachen zu unterscheiden. Je nach Höhe der vorliegenden Strukturdämpfung müßten nächstliegende Vielfache unterhalb der Kontakteigenfrequenz übersprungen werden.
- 15 Dies soll anhand eines fiktiven Beispiels erläutert werden: Die Kontakteigenfrequenz  $f_e$  beträgt 351,5 Hz. Die Walzendrehzahl  $f_w$  beträgt 8 Hz. Daraus ergibt sich ein Verhältnis  $f_e/f_w = 351,5 \text{ Hz} / 8 \text{ Hz} = 43,9375$ .
- 20 Bei einem Systemdämpfungsgrad  $D = 0,005$  ergeben sich 43 Wellen, auf die der Schwingungstilger 21 ausgelegt werden muß. Bei einem Systemdämpfungsgrad  $D = 0,02$  ergeben sich 41 Wellen und bei einem Systemdämpfungsgrad  $D = 0,05$  ergeben sich 39 Wellen. Dieses Verhalten ist durch
- 25 den dämpfungsgradabhängigen Phasenwinkel zwischen der Barring-bedingten Wegerregung und des Systemverhaltens der Walzenantwort zu begründen.

- Danach legt man die Eigenfrequenzen der Tilgereinheiten, d.h. die Tilgerfrequenzen, auf diese zu erwartenden Barring-Frequenzen (Walzendrehzahl  $\times$  Wellenanzahl) aus. Durch die gezielte Gestaltung der lokalen Dämpfung der Tilgereinheiten können begrenzte Frequenzverschie-
- 30

bungen durch Drehzahlvariationen der Walzen kompensiert werden. Im Grunde genommen ist aber die Tilgerfrequenz für eine bestimmte Walzendrehzahl konzipiert. Man positioniert dann die einzelnen Tilgereinheiten oder  
5 Schwingungstilger 21 im Innenraum 15 des Walzenmantels 14 an Punkten vorliegender Schwingungsbäuche.

Bei der Existenz mehrerer relevanter Kontakteigenfrequenzen für die Barring-Bildung können auch mehrere  
10 Schwingungstilger 21 mit unterschiedlichen Eigenfrequenzen und somit auch an unterschiedlichen Positionen im Innenraum 15 der Walze eingesetzt werden.

Für eine von der Produktionsgeschwindigkeit weitgehend  
15 flexible Tilgung der sich entwickelnden Barring-Frequenzen kann die Eigenfrequenz der Schwingungstilger 21 variabel gestaltet werden. Dies kann durch eine ferngesteuerte Veränderung der Federsteifigkeiten erfolgen.

20 Ein Beispiel für einen konkret ausgeführten Schwingungstilger 21 ist in den Fig. 4 und 5 dargestellt.

Der Schwingungstilger 21 weist als Masse ein hantelförmiges Massenelement 26 auf, das in einer Scheibe 27 aus  
25 einem elastischen Material gelagert ist. Die Scheibe 27 wiederum stützt sich von innen am Walzenmantel 14 ab und zwar über den gesamten Umfang des Walzenmantels 14. Die Scheibe 27 hat dabei in alle Richtungen ein gleiches  
30 Kompressions- und Dämpfungsverhalten. Die Scheibe 27 bildet also in sich die Feder- und Dämpfungsglieder 23, 24 aus.

Wie durch einen Pfeil 28 angedeutet ist, ist das Massenelement 26 aufgrund der Elastizität der Scheibe 27 verlagerbar. Bei einer richtigen Auslegung wirkt die Bewegung des Massenelements 26 einer durch Pfeile 29 dargestellten Bewegung des Walzenmantels 14 entgegen. Dadurch ergibt sich eine passive Schwingungsdämpfung des Walzenmantels 14.

Das Massenelement 26 ist hantelförmig ausgebildet, d.h. es weist zwei Bereiche 30 mit vergrößertem Durchmesser auf, die sich außerhalb der Scheibe 27 befinden. Diese beiden vergrößerten Bereiche 30 sind durch eine Verbindungsstange 31 miteinander verbunden. Dadurch läßt sich die Masse des Massenelements 26 vergrößern. Dennoch steht in der Scheibe 27 genügend elastisches Material zur Verfügung, so daß das Massenelement 26 in ausreichendem Maße verlagert werden kann.

Durch Pfeile 32 sind Mittel angedeutet, mit denen die Scheibe 27 in Axialrichtung zusammengedrückt werden kann, um ihre Federsteifigkeit zu verändern. Diese Mittel dürfen allerdings die Beweglichkeit des Massenelements 26 in Radialrichtung nicht behindern. Durch die Veränderung der Federsteifigkeit läßt sich die Tilgerfrequenz verändern.

Mit dem Schwingungstilger ist es also auf relativ einfache Weise möglich, Schwingungen des Walzenmantels 14 ohne Zufuhr äußerer Energie zu dämpfen. Die Dämpfung wird das Ausbilden von Barrings zwar nicht restlos verhindern. Die Zeit, die bis zur kritischen Ausbildung von Barring-Mustern erfolgt, kann aber deutlich verlängert werden.

Patentansprüche

1. Mittelwalze eines Kalanders mit einem Walzenmantel, der einen Innenraum umgibt, dadurch gekennzeichnet, daß im Innenraum (15) eine Tilgeranordnung mit mindestens einem passiven Schwingungstilger (21) angeordnet ist.  
5
2. Walze nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwingungstilger (21) auf den Walzenmantel (14) wirkt.  
10
3. Walze nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwingungstilger in Axialrichtung des Walzenmantels (14) an einer Position angeordnet ist, an der sich im Betrieb ein Schwingungsbauch ausbildet.  
15
4. Walze nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Schwingungstilger (21) in Axialrichtung

verteilt an Positionen angeordnet sind, an denen sich im Betrieb jeweils ein Schwingungsbauch ausbildet.

- 5 5. Walze nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß an allen Schwingungsbäuchen ein Schwingungstilger (21) angeordnet ist.
- 10 6. Walze nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwingungstilger (21) eine Tilgerfrequenz aufweist, die unterhalb einer für eine Barring-Bildung ausschlaggebenden Eigenfrequenz der Walze (3-5) oder eines die Walze enthaltenden Walzensystems (1) liegt.
- 15 7. Walze nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Tilgerfrequenz auf eine Barring-Frequenz abgestimmt ist.
- 20 8. Walze nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwingungstilger (21) ein Massenelement (26) aufweist, das in einer Scheibe (27) aus einem elastischen Material gelagert ist, die am Mantel (14) abgestützt ist.
- 25 9. Walze nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Scheibe (27) über ihren gesamten Umfang am Mantel (14) anliegt.
- 30 10. Walze nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Massenelement (26) in Axialrichtung über die Scheibe (27) hinausragt.

11. Walze nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet,  
daß das Massenelement (26) jeweils außerhalb der  
Scheibe (27) eine Vergrößerung (30) aufweist.
- 5 12. Walze nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch  
gekennzeichnet, daß der Schwingungstilger (21) ei-  
ne von außen veränderbare Tilgerfrequenz aufweist.
- 10 13. Walze nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet,  
daß der Schwingungstilger (21) eine Federeinheit  
aufweist, deren Steifigkeit gesteuert veränderbar  
ist.
- 15 14. Walze nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch  
gekennzeichnet, daß die Tilgeranordnung Schwin-  
gungstilger (21) mit unterschiedlichen Tilgerfre-  
quenzen aufweist.
- 20 15. Kalanders mit einem Walzenstapel, der mindestens  
zwei Mittelwalzen aufweist, von denen mindestens  
eine einen Walzenmantel aufweist, der einen Innen-  
raum umgibt, dadurch gekennzeichnet, daß im Innen-  
raum (15) eine Tilgeranordnung mit mindestens ei-  
nem passiven Schwingungstilger (21) angeordnet  
25 ist.

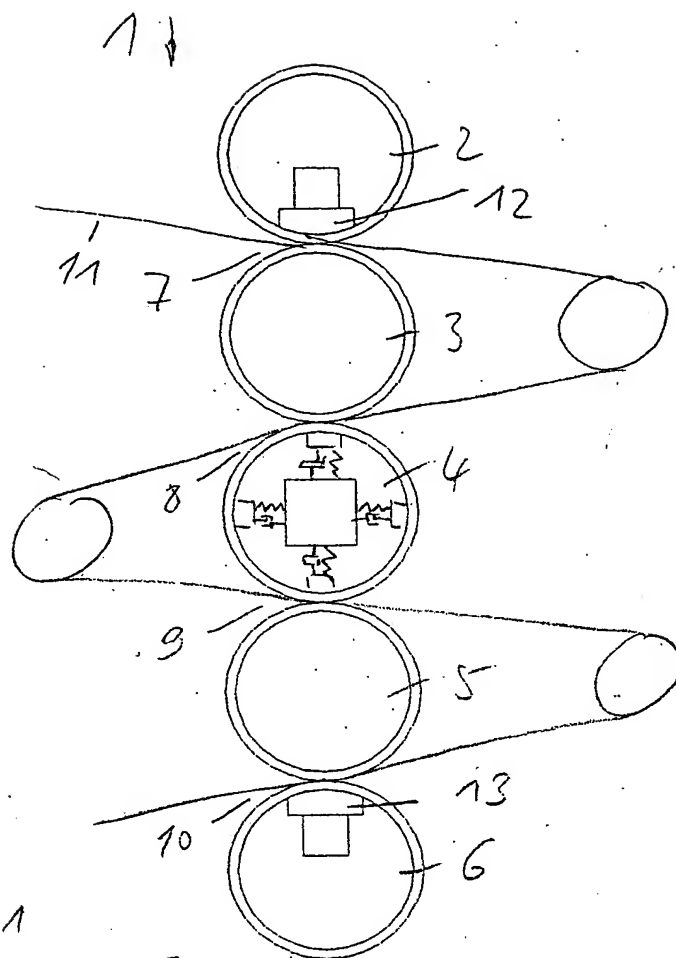


Fig. 1

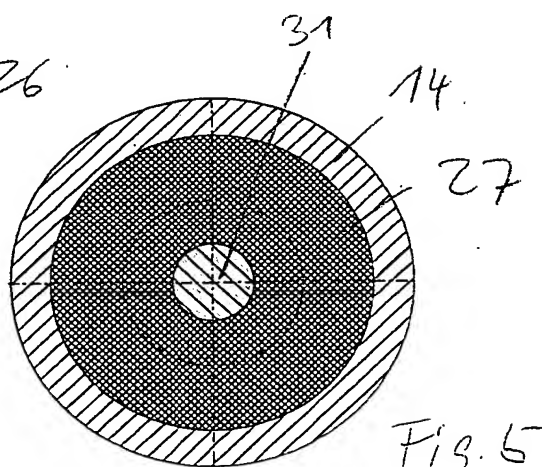
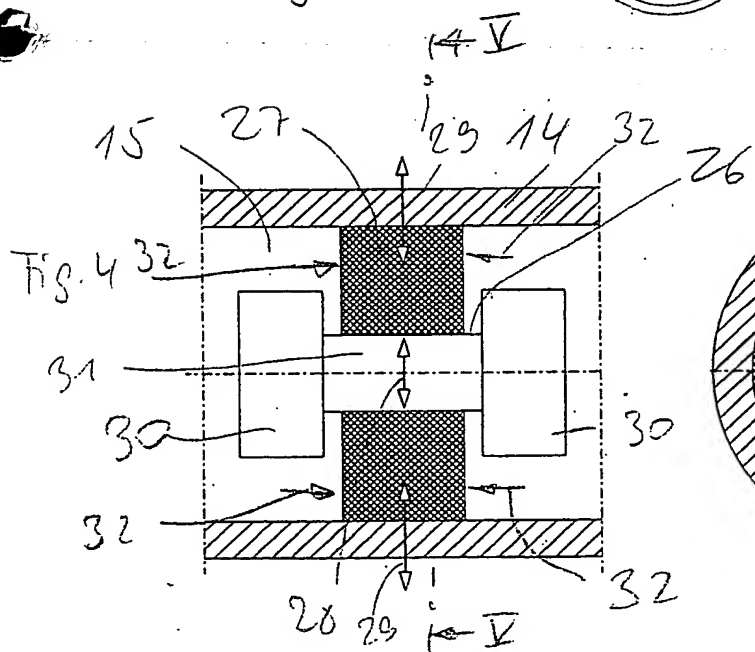
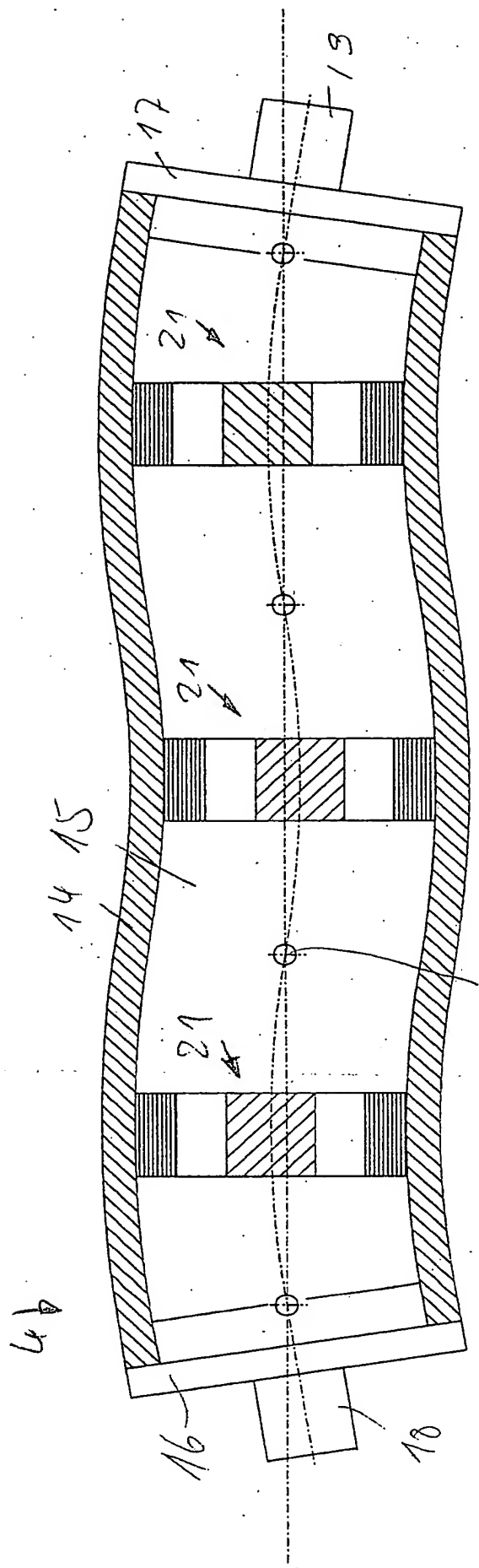


Fig. 5



20

Fig. 2

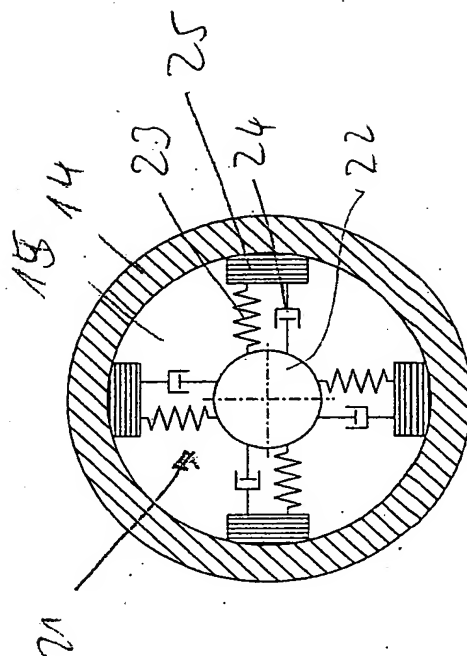


Fig. 3



### Zusammenfassung

Es wird eine Mittelwalze eines Kalanders angegeben mit einem Walzenmantel (14), der einen Innenraum (15) umgibt.

- 5 Man möchte die Standzeit der Walze auf einfache Weise verlängern.

Hierzu ist im Innenraum (15) eine Tilgeranordnung mit mindestens einem passiven Schwingungstilger (26, 27)

- 10 angeordnet.

Fig. 4

